



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 51 003 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
C 30 B 1/08
C 30 B 13/24
H 01 L 21/322

⑲ Aktenzeichen: 196 51 003.1
⑳ Anmeldetag: 29. 11. 96
㉑ Offenlegungstag: 4. 6. 98

DE 196 51 003 A 1

⑦① Anmelder:
Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH, 14109 Berlin,
DE

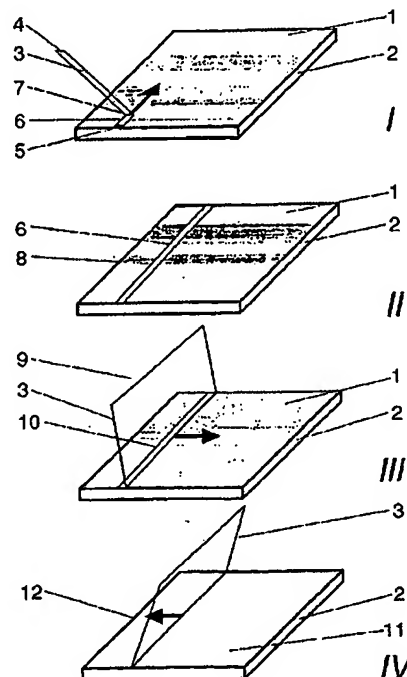
⑦④ Vertreter:
Rudolph, M., Pat.-Ass., 10117 Berlin

⑦② Erfinder:
Nickel, Norbert, Dr.rer.nat., 15806 Zossen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Herstellung eines flächigen Einkristalls auf einem Fremdsubstrat und Vorrichtung zu seiner Durchführung

⑤⑦ Flächige Einkristalle gewinnen in modernen Techniken zunehmend an Bedeutung. Dabei erreichen die mit den bekannten Methoden der schrittweisen Verflüssigung und Rekristallisation von amorphem oder polykristallinem Halbleitermaterial auf amorphen Fremdsubstraten unter Einsatz von Pulslasern jedoch nur Flächenabmessungen im Mikrometerbereich. Es sollen flächige Einkristalle in bester Qualität mit demgegenüber großen Abmessungen mit einfachen Mitteln kostengünstig hergestellt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht dafür einen zweistufigen Prozeß vor. In der Verfahrensstufe A wird ein länglicher Einkristall (6) als einkristalline Keimbahn hergestellt. Diese wird in der Verfahrensstufe B durch einen verbreiterten Laserstrahl (9) zu einer einkristallinen Fläche (11) aufgeweitet. Das amorphe oder polykristalline Halbleitermaterial (1) nukleiert am länglichen Einkristall (6) und wächst mit gleicher Orientierung und ohne Korngrenzen. Die Flächenabmessungen hängen letztendlich nur noch von der Leistungsfähigkeit des eingesetzten Lasers ab und können problemlos Postkartengröße erreichen. Eingesetzt werden können derartige Einkristalle beispielsweise zur Fabrikation von Mikroprozessoren, Speichern (RAM, DRAM etc.), Aktiv-Matrix-Bildschirmen, Wellenleitern, Solarzellen und Mikromaschinen.



BEST AVAILABLE COPY

DE 196 51 003 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines flächigen Einkristalls aus amorphem oder polykristallinem Halbleitermaterial auf einem amorphen Fremdsubstrat durch Aufschmelzen eines punktförmigen Nukleationszentrums mittels Bestrahlung mit einem einzigen Laserlichtpuls vorgegebener Spotgröße und anschließendem linearem Vorantreiben einer sich bei der Wiederverfestigung bildenden schmalen Kristallisationsfront durch abwechselnd schrittweise Änderung des Bestrahlungsortes im Submikrometerbereich und Aussendung weiterer Laserlichtpulse sowie auf eine Vorrichtung zu seiner Durchführung.

Großflächige Einkristalle auf Fremdsubstraten gewinnen bei der Herstellung moderner Halbleiterbauelemente zunehmend an Bedeutung, da sie durch ihre ausgezeichneten Eigenschaften vielfältige Einsatzmöglichkeiten erlauben. Gerade im Hinblick auf Anordnungen, bei denen jeder Oberflächenbereich individuell genutzt werden soll, wie beispielsweise Mikroprozessoren, Speicherchips (RAM, SRAM, DRAM) oder Flachbildschirme mit integrierter Steuerung (Aktiv-Matrix-Displays mit Flüssigkristallen oder Elektrolumineszenzmaterial), ist es wesentlich, daß der eingesetzte Kristall keine Störungsstellen durch Korngrenzen aufweist. Aber auch bezogen auf die Kosten-Leistungsrelation, beispielsweise bei großflächigen Solarzellen, oder in der Mikrochipindustrie bieten sich großflächige Einkristalle auf Fremdsubstraten in besonderer Weise zum Einsatz an.

Einkristalle wie z. B. Silizium oder Germanium werden üblicherweise mit dem Czochralski- oder Floatzoneverfahren aus der Schmelze hergestellt.

Verbindungshalbleiter wie z. B. Galliumarsenid (GaAs) oder Galliumnitrid (GaN) werden mittels MBE (Molecular-Beam-Epitaxy), CVD (Chemical-Vapor-Deposition) und verwandter Methoden hergestellt. Im Falle von Silizium oder Germanium werden kleine Saatkristalle gleichen Materials verwendet, um die sogenannten Rohlinge aus der Schmelze zu ziehen. Bei der letztgenannten Methode hängt die Qualität des Einkristalls von dem verwendeten Substrat ab. Ist die Gitteranpassung zwischen Substrat und abgechiedenem Film gut, so erhält man qualitativ hochwertiges Material. Ist die Gitteranpassung jedoch schlecht, wie z. B. Silizium auf Glas, dann wird das einkristalline Wachstum der Siliziumschicht gestört, und der resultierende Halbleiter ist polykristallin oder amorph. Amorphe Halbleiter auf amorphen Substraten können durch Festphasenkristallisation kristallisiert werden. Dabei wird der amorphe Halbleiter für eine vorgegebene Zeit auf Temperaturen weit unterhalb der Verflüssigungstemperatur geheizt. Das resultierende Halbleitermaterial ist in der Regel polykristallin mit Korngrößen bis zu 1 µm. Das Substrat muß jedoch hochtemperaturfest sein ($T > 600^\circ\text{C}$).

Methoden, bei denen die Umwandlung über die Flüssigphase erfolgt, können bei niedrigeren Temperaturen erfolgen, so daß hier die Wahl des Substrats unabhängig von dessen Schmelztemperatur erfolgen kann. Die Gruppe der Niedertemperatur-Substrate, die thermisch bis zu 600°C belastet werden können, beinhaltet Coming-Glas, Metalle und Kunststoffe. Aus der US-PS 4,330,363 ist ein Verfahren zur Herstellung flächiger Einkristalle bekannt, bei dem auf einem Substrat aufgebrachte einzelne Inseln von umzuwandelndem Halbleitermaterial mit einem CW-(Continuous Wave)-Laser mit einem linienförmigen Spot, der an die Insel breite angepaßt ist, aufgeschmolzen werden. Ein großes Problem stellt hierbei jedoch die Erzeugung nur eines einzelnen Nukleationszentrums dar. Zur Vermeidung von Sekundärkeimen durch frühzeitige Solidifikation aufgrund von zu schneller Wärmeabfuhr werden aufwendige Maßnahmen,

beispielsweise in Form von zusätzlichen Wärmeleitschichten oder Kühlungsgräben, für den Aufbau eines gerichteten Temperaturgradienten durchgeführt. Trotzdem liegen die erreichbaren Flächengrößen mit dieser Methode nur im Bereich von $20\text{ }\mu\text{m}^2$.

Die Verwendung von gepulsten Excimerlasern vermeidet zusätzliche Kühlungsmaßnahmen, da der hohe Energiegehalt eines CW-Lasers nicht erreicht und so das Substrat nicht übermäßig miterhitzt wird. Ausschlaggebend bei den Excimerlasern ist deren hohe Energiedichte bei kurzer Pulsdauer, die ausreicht, um das Halbleitermaterial zu verflüssigen. Das Substrat wirkt dabei als Wärmesenke. Ohne besondere technische Vorkehrungen kristallisiert das verflüssigte Halbleitermaterial in der polykristallinen Phase. Sorgt man dafür daß mit jedem Laserpuls das neu verflüssigte Material am bereits kristallisierten Halbleiter nukleiert, indem die Probe oder der Laserstrahl im Submikrometerbereich weiterbewegt wird, erhält man polykristallines Material mit schmalen Einkristallbahnen, die entlang der Bewegungsrichtung der Probe gewachsen sind. Diese Kristallbahnen sind durch defektreiche Korngrenzen separiert. Während die Kristallisationsfront vorangetrieben wird, werden bereits eingefrorene Defekte durch folgende Laserpulse ausgeheilt. Ausschlaggebend ist, daß das jeweils verflüssigte Material immer mit bereits kristallisiertem Material in Berührung kommt und so veranlaßt wird, bei Abkühlung an diesem Keim zu nukleieren.

Ein derartiges Verfahren, von dem auch die Erfindung ausgeht, ist aus dem Aufsatz "Crystalline Si Films for integrated Active-Matrix Liquid-Crystal Displays" von J.S. Im und R.S. Sposili, MRS Bulletin, March 1996, pp. 39-48, bekannt und wird von den Autoren mit "SLS"-Prozess (sequential-lateral solidification) bezeichnet. Mit dieser Bezeichnung kommt bereits zum Ausdruck, daß es sich um eine Kristallumwandlung durch schrittweise Verfestigung in einer Längsrichtung handelt. Bei diesem bekannten Verfahren wird das punktförmige Nukleationszentrum über ein geometrisch abgestimmtes Maskenmuster von mehreren nebeneinanderliegenden Keimen gebildet, so daß während des Kristallisationsprozesses auf einem amorphen Fremdsubstrat doch Korngrenzen entstehen. Die Autoren bemerken jedoch, daß bei einer Weiterentwicklung des SLS-Prozesses geplant ist, als Nukleationszentrum ein einzelnes Keimkorn zu selektieren zur kontrollierten, gerichteten und ungestörten Aufzucht über einen weiten Bereich in einer Längsrichtung durch Aufschmelzen der Kristallisationsfront. Es soll also ein länglicher Einkristall hergestellt werden. Als Dimension für den "weiten" Bereich geben sie mehrere $10\text{ }\mu\text{m}$ bis mehrere $100\text{ }\mu\text{m}$ an, was jedoch immer noch nicht als Maß für einen besonders großflächigen Einkristall anzusehen ist.

Das technische Problem, mit dem sich die Erfindung befaßt, besteht deshalb darin, basierend auf dem zuvor beschriebenen Verfahren, besonders großflächige Einkristalle ohne Störungsstellen in guter Qualität auf amorphen Fremdsubstraten herstellen zu können. Dabei soll das Verfahren einfach und mit relativ wenigen Prozessschritten durchführbar sein. Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens soll darüberhinaus mit einfachen und damit kostengünstigen Mitteln realisierbar sein.

Die erfindungsgemäße Lösung hierfür sieht vor, daß in einer weiteren Verfahrensstufe zunächst eine Anpassung der Spotgröße des Laserlichtpulses an die Längskantenlänge des in der vorangegangenen, oben beschriebenen Verfahrensstufe erzeugten länglichen Einkristalls und anschließend ein lineares Vorantreiben zumindest einer Längskante des länglichen Einkristalls als breiter Kristallisationsfront durch abwechselnde schrittweise Änderung des Bestrahlungsortes

im Submikrometerbereich und Aussendung weiterer Laserlichtpulse mit der verbreiterten Spotgröße durchgeführt werden.

Von wesentlicher Bedeutung für die Erfindung ist die Zweistufigkeit des Prozesses. In der ersten Verfahrensstufe wird ausgehend von einem einzelnen Kristallisationskeim, der gleichsam in dieser Stufe als Nebenprodukt miterzeugt wird, als punktförmigem Nukleationszentrum eine einkristalline Bahn auf dem amorphen Fremdsubstrat hergestellt. Diese bildet für die zweite Verfahrensstufe den Keimkristall als linienförmiges Nukleationszentrum. In der zweiten Stufe wird die einkristalline Bahn zu einer Fläche verbreitert. Es können also mit dem erfindungsgemäßen Verfahren großflächige Einkristalle von bisher nicht realisierbaren Flächenabmessungen, beispielsweise in Postkartengröße und größer, in einfachster Weise hergestellt werden. Gleichzeitig ist eine ungestörte Kristallisation sicher gewährleistet, da in jeder der beiden Stufen von einem einzelnen ungestörten Keimkristall ausgegangen wird und unerwünschte Kristalle aus Nebenkeimen oder Korngrenzen vor der Kristallisationsfront wieder aufgeschmolzen und einkristallin umgewandelt werden. Die herstellbaren Einkristalle weisen damit beste Qualitätseigenschaften auf und sind in den verschiedensten Gebieten, wie zum Beispiel für Aktiv-Matrix-Displays, Dünnsolarzellen auf einkristalliner Basis und Wellenleiter, einsetzbar.

Je nach Einsatzfall kann der flächige Einkristall in verschiedenen geometrischen Formen, beispielsweise als Parallelogramm, hergestellt werden. Dazu können die beiden Ausbreitungsrichtungen für die linien- und die flächenförmige Kristallisation in einem beliebigen Winkel zueinander liegen. In den meisten Fällen ist jedoch eine rechteckige Ausbildung der Einkristallfläche besonders günstig. Deshalb sieht eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung vor, daß das Vorantreiben der schmalen und der breiten Kristallisationsfront in einem rechten Winkel zueinander erfolgt. Wird die Ausbreitungslänge in beiden Richtungen gleich groß gewählt, sind quadratische Einkristalle herstellbar.

Die Lage des länglichen Einkristalls als einkristalline Bahn im umzuwandelnden Halbleitermaterial ist frei wählbar. Liegt sie beispielsweise in der Mitte, so kann die Fläche durch die Verbreiterung von nur einer Längskante ausgehend gezielt teilweise umgewandelt werden. Es entsteht so ein Heteroübergang in der Materialfläche. Derartige Übergänge können durch geeignete Position der einkristallinen Bahn und Ausziehen der Fläche auch in anderen geometrischen Formen, beispielsweise als Kamm- oder Inselmuster, gestaltet werden und sind nur von den jeweiligen Einsatzbedingungen abhängig. Die Fläche kann aber auch durch Verbreiterung erst der einen und dann der anderen Längskante vollständig umgewandelt werden. Hierbei ist jedoch eine Richtungsumkehr des Scanprozesses erforderlich. Diese kann vermieden werden, wenn nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung der längliche Einkristall am Rand des umzuwandelnden Halbleitermaterials erzeugt wird.

Zur Erzielung bestimmter Eigenschaften des Einkristalls kann es erforderlich sein, diesen mit anderen Materialien zu dotieren (z. B. Phosphordotierung von Silizium). Dies kann in besonders einfacher Weise erfolgen, wenn nach einer weiteren Erfindungsausgestaltung während des Aufschmelzens dem Bestrahlungsort gasförmiges Dotierungsmaterial zugeführt wird. Das Material, beispielsweise Phosphin, wird dann beim Erstarrungsprozeß gleichmäßig in die Kristallstruktur eingelagert und bildet keine Störstellen durch Korngrenzen. Bekannt ist diese Art der Dotierung ("in situ doping", Lorenz Livermore Lab., USA) bisher nur bei der Herstellung polykristalliner Materials.

Für die Umwandlung durch selektives Aufschmelzen sind prinzipiell alle amorphen oder polykristallinen Halbleitermaterialien geeignet, die durch einen Laserpuls verflüssigbar sind und sich dabei nicht zersetzen. Hierzu zählen insbesondere Ge, SiGe, C, SiC, GaAs und weitere Silizium-Legierungen. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn es sich gemäß einer weiteren Erfindungsförderung bei dem aufzuschmelzenden Material um amorphes Silizium (a-Si), auch in hydrogenisierter Form (a-Si:H), handelt. Amorphes hydrogenisiertes Silizium ist weit verbreitet, universell einsetzbar und äußerst kostengünstig in der Herstellung. Es kann mit einer Vielzahl von Präparationsmethoden hergestellt werden (Hot-wire, PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition), LPCVD (Low Pressure Chemical Vapour Deposition), ECRCVD (Electron Cyclotron Resonance Chemical Vapour Deposition), etc.).

Als Substrate für die flächigen Einkristalle eignen sich prinzipiell alle bekannten amorphen Substrate, beispielsweise auch teure Hochtemperatur-Substrate. Kostengünstig ist es jedoch gemäß einer nächsten Erfindungsausgestaltung, wenn es sich bei dem amorphen Substrat um ein Niedertemperatur-Substrat handelt. Derartige Substrate sind in einer breiten Palette verfügbar. Das Substrat dient als einfache Wärmesenke. Allgemein kann Corning- oder Quartzglas verwendet werden. Aber auch der Einsatz von Metallen oder Kunststoffen ist möglich. Insbesondere im Hinblick auf Solarzellen haben Kunststoffen als Substrat eine besondere Bedeutung, da sie auf gekrümmte Oberflächen aufgebracht werden können.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung flächiger Einkristalle auf einem Fremdsubstrat sieht bevorzugt vor, daß der Puls laser als ein auf einem schwingungsgedämpften optischen Tisch angeordneter Excimerlaser ausgeführt ist, dessen auszusendende Laserlichtpulse über mehrere Umlenkspiegel, Fokussierungslinsen und einen Homogenisierer dem in einer evakuierbaren Probenkammer in einer Probenhalterung anordenbaren Halbleitermaterial zuführbar sind, die computer-gesteuert über Schrittmotore in der Ebene verschiebbar ausgestaltet ist. Derzeit auf dem Markt verfügbare Excimer-Laser haben eine Laserenergie von beispielsweise 200 W mit einer maximalen Pulsenergie von 670 mJ bei einer Pulsrate von 300 Hz. Bevorzugt haben die vom Excimer-Laser emittierten Lichtpulse eine Wellenlänge zwischen 193 nm und 351 nm und eine Spotgröße von $10 \times 0.5 \text{ cm}^2$. Andere Spotgrößen oder Geometrien können durch geeignete optische Komponenten ebenfalls erzeugt werden. Die Schrittmotoren arbeiten höchstpräzise und können entweder die Probenhalterung oder einen Spiegel in x- und y-Richtung im Submikrometerbereich, beispielsweise mit 50 nm pro Schritt, positionieren. Als Alternative kann auch eine fest montierte Probe mit einem höchstpräzise positionierbaren Laserstrahl gescannt werden. Durch die Evakuierbarkeit der Probenkammer können Kristallverunreinigungen durch gasförmige Fremdmaterialien bei der Laserkristallisation verhindert werden.

Ausbildungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Fig. näher erläutert. Dabei zeigt in schematischer Darstellung

Fig. 1 den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens und Fig. 2 eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

In Fig. 1 ist amorphes Silizium 1 (grau) als umzuwandelndes Halbleitermaterial auf einem amorphen Substrat 2 mittels einer der üblichen Methoden deponiert. Im Verfahrensschritt I wird mit einem gepulsten Laserstrahl 3 mit einer schmalen Spotbreite 4 zuerst ein einkristallines Nukleationszentrum 5 (schwarz) erzeugt und dann ein länglicher Einkristall 6 (weiß) hergestellt (Pfeilrichtung). Dazu gibt der

nicht weiter dargestellte Excimer-Laser seine Energie in kurzen Pulsen ab. Zwischen den Lichtpulsen wird das Substrat 2 schrittweise in y-Richtung weiterbewegt. Dabei ist die Schrittweite so gering (ca. 50 nm), daß die sich bildende schmale Kristallisationsfront 7, die der Spotbreite 4 entspricht, bei jedem neuen Lichtpuls immer wieder mitaufgeschmolzen wird. Der Kristallisationsfront 7 vorausseilende Störungen werden so eliminiert. Im Verfahrensschritt II wird die gesamte Substratlänge einmal linear abgefahren, so daß der entstandene längliche Einkristall 6 eine Längskantenlänge 8 aufweist.

Die Verfahrensschritte I und II bilden die Verfahrensstufe A des Verfahrens, bei dem ein länglicher Einkristall 6 in Form einer einkristallinen Bahn als Keimkristall bzw. Nukleationszentrum 5 im umzuwandelnden amorphen Silizium 1 erzeugt wird.

Im Verfahrensschritt III wird zunächst der Laserstrahl 3 mit einer breiten Spotbreite 9 an die Längskantenlänge 8 des länglichen Einkristalls 6 angepaßt. Mit dem verbreiterten Laserstrahl 3 wird dann das amorphe Silizium 1 beginnend beim länglichen Einkristall 6 mit seiner breiten Kristallisationsfront 10 in die positive x-Richtung (Pfeilrichtung) gescannt. Das amorphe Silizium 1 nukleiert am Keimkristall 6 und wächst mit gleicher Orientierung und ohne Korngrenzen. Im Verfahrensschritt IV ist eine große einkristalline Fläche 11 dargestellt. Jenseits des länglichen Einkristalls 6 befindet sich noch amorphes Silizium 1. Wird kein heterogener Übergang gewünscht, kann das amorphe Silizium 1 im Verfahrensschritt IV noch durch Umkehrung der Scanrichtung in die negative x-Richtung (Pfeilrichtung) umgewandelt werden. Wird der längliche Einkristall 6 am Rande 12 des Substrats 2 positioniert, kann dieser Schritt entfallen.

Die Verfahrensschritte III und IV bilden die Verfahrensstufe B des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die einkristalline Bahn 6 zu einer einkristallinen Fläche 11 ausgedehnt wird. Die Größenordnung der gesamten umwandelbaren Fläche liegt im gewählten Beispiel im Bereich von 10 cm x 10 cm.

Die Fig. 2 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens in der Draufsicht. Auf einem schwingungsgedämpften optischen Tisch 20 ist ein Excimer-Laser 21 mit den oben bereits genannten technischen Daten angeordnet. Über zwei Umlenkspiegel 22, 23, zwei Fokussierungslinsen 24, 25 und einen Homogenisierer 33, der zwischen den beiden Fokussierungslinsen 24, 25 angeordnet ist, wird der in seiner Breite verstellbare Laserstrahl 3 (siehe Fig. 1) einer umzuwandelnden Probe 26 zugeführt. Die Probe 26 befindet sich auf einem Probenhalter 27 in einer Probenkammer 28. Die Probenkammer 28 ist über eine Pumpe 29 evakuierbar. Der Probenhalter 27 kann über zwei Schrittmotoren 30, 31 mit Schrittweiten im Submikrometerbereich in x- und y-Richtung verfahren werden. Die Verfahrensteuerung erfolgt über einen Computer 32, der auch weitere Steuerungs- und Kontrollaufgaben (in-situ-Dotierung, in-situ-Messungen, o. ä.) übernehmen kann.

Mit dieser beschriebenen Vorrichtung kann mit relativ einfachen Mitteln das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden, mit dem aus einfachem amorphem oder polykristallinem Halbleitermaterial flächige Einkristalle höchster Qualität mit solchen Abmessungen hergestellt werden können, wie sie bislang noch nicht bekannt waren. Dabei hängt die Flächengröße der herstellbaren Einkristalle letztendlich nur noch von der Leistungsfähigkeit des verwendeten Lasers ab. Die Palette der Einsatzmöglichkeiten für derartige großflächige Einkristalle erweitert sich damit zu einer neuen Dimension.

Bezugszeichenliste

- 1 umzuwandelndes Halbleitermaterial
- 2 Substrat
- 3 Laserstrahl
- 4 schmale Spotbreite
- 5 Nukleationszentrum
- 6 länglicher Einkristall
- 7 schmale Kristallisationsfront
- 8 Längskantenlänge
- 9 breite Spotbreite
- 10 breite Kristallisationsfront
- 11 einkristalline Fläche
- 12 Rand
- 20 optischer Tisch
- 21 Excimer-Laser
- 22 Umlenkspiegel
- 23 Umlenkspiegel
- 24 Fokussierungslinse
- 25 Fokussierungslinse
- 26 umzuwandelnde Probe
- 27 Probenhalter
- 28 Probenkammer
- 29 Pumpe
- 30 Schrittmotor
- 31 Schrittmotor
- 32 Computer
- 33 Homogenisierer

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines flächigen Einkristalls aus amorphem oder polykristallinem Halbleitermaterial auf einem amorphen Fremds substrat durch Aufschmelzen eines punktförmigen Nukleationszentrums mittels Bestrahlung mit einem einzigen Laserlichtpuls vorgegebener Spotgröße und anschließendem linearem Vorantreiben einer sich bei der Wiederverfestigung bildenden schmalen Kristallisationsfront durch abwechselnd schrittweise Änderung des Bestrahlungsortes im Submikrometerbereich und Aussendung weiterer Laserlichtpulse, dadurch gekennzeichnet, daß in einer weiteren Verfahrensstufe (B) zunächst eine Anpassung der Spotgröße (9) des Laserlichtpulses (3) an die Längskantenlänge (8) des in der vorangegangenen Verfahrensstufe (A) erzeugten länglichen Einkristalls (6) und anschließend ein lineares Vorantreiben zumindest einer Längskante des länglichen Einkristalls (6) als breiter Kristallisationsfront (10) durch abwechselnde schrittweise Änderung des Bestrahlungsortes im Submikrometerbereich und Aussendung weiterer Laserlichtpulse (3) mit der verbreiterten Spotgröße (9) durchgeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Vorantreiben der schmalen (7) und der breiten Kristallisationsfront (10) in einem rechten Winkel (x-, y-Richtung) zueinander erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der längliche Einkristall (6) am Rand (12) des umzuwandelnden Halbleitermaterials (1) erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß während des Aufschmelzens dem Bestrahlungsort gasförmiges Dotierungsmaterial zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem aufzuschmelzenden Material (1) um amorphes Si-

litzium (a-Si), auch in hydrogenisierter Form (a-Si:H), handelt.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem amorphen Substrat (2) um ein Niedertemperatur-Substrat handelt. 5

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Herstellung eines flächigen Einkristalls aus amorphem oder polykristallinem Halbleitermaterial auf einem amorphen Fremdsubstrat durch Aufschmelzen eines punktförmigen Nukleationszentrums mittels Bestrahlung mit einem einzigen Laserlichtpuls vorgegebener Spotgröße und anschließendem linearem Vorantreiben eines sich bei der Wiederverfestigung bildenden schmalen Kristallisationsfrontabschnitts durch abwechselnd schrittweise Änderung des Bestrahlungsortes im Submikrometerbereich und Aussendung weiterer Laserlichtpulse, dadurch gekennzeichnet, daß der Pulslaser als ein auf einem schwingungsgedämpften optischen Tisch (20) angeordneter Excimer-Laser (21) ausgeführt ist, dessen auszusendende Laserlichtpulse (3) über mehrere Umlenkspiegel (22, 23), Fokussierungslinsen (24, 25) und einen Homogenisierer (33) dem in einer evakuierbaren (29) Probenkammer (28) in einer Probenhalterung (27) anordenbaren Halbleitermaterial (1) zuführbar sind, die computergesteuert (32) über Schrittmotore (30, 31) in der Ebene (x,y-Richtung) verschiebbar ausgestaltet ist. 15 20 25

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

BEST AVAILABLE COPY

- Leerseite -

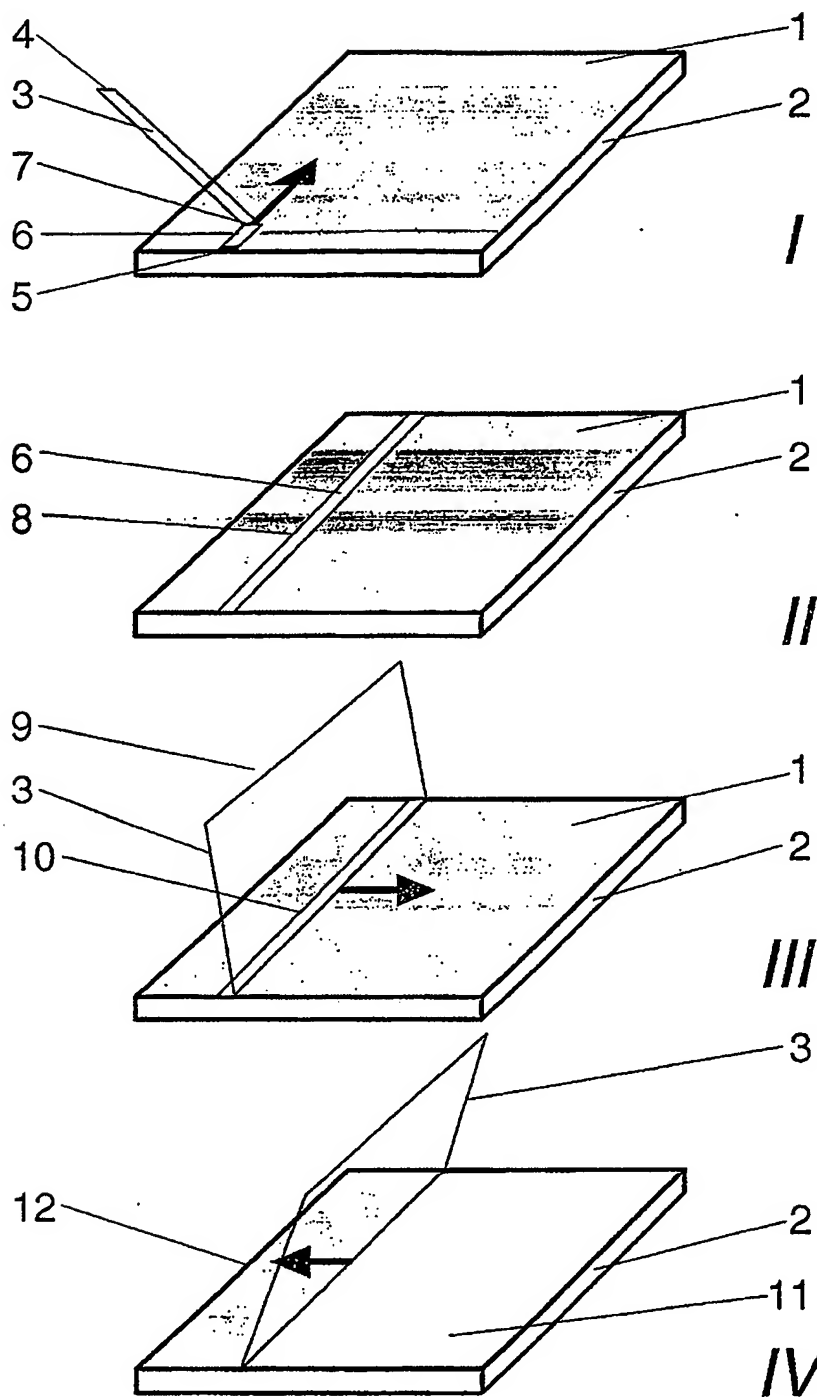


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

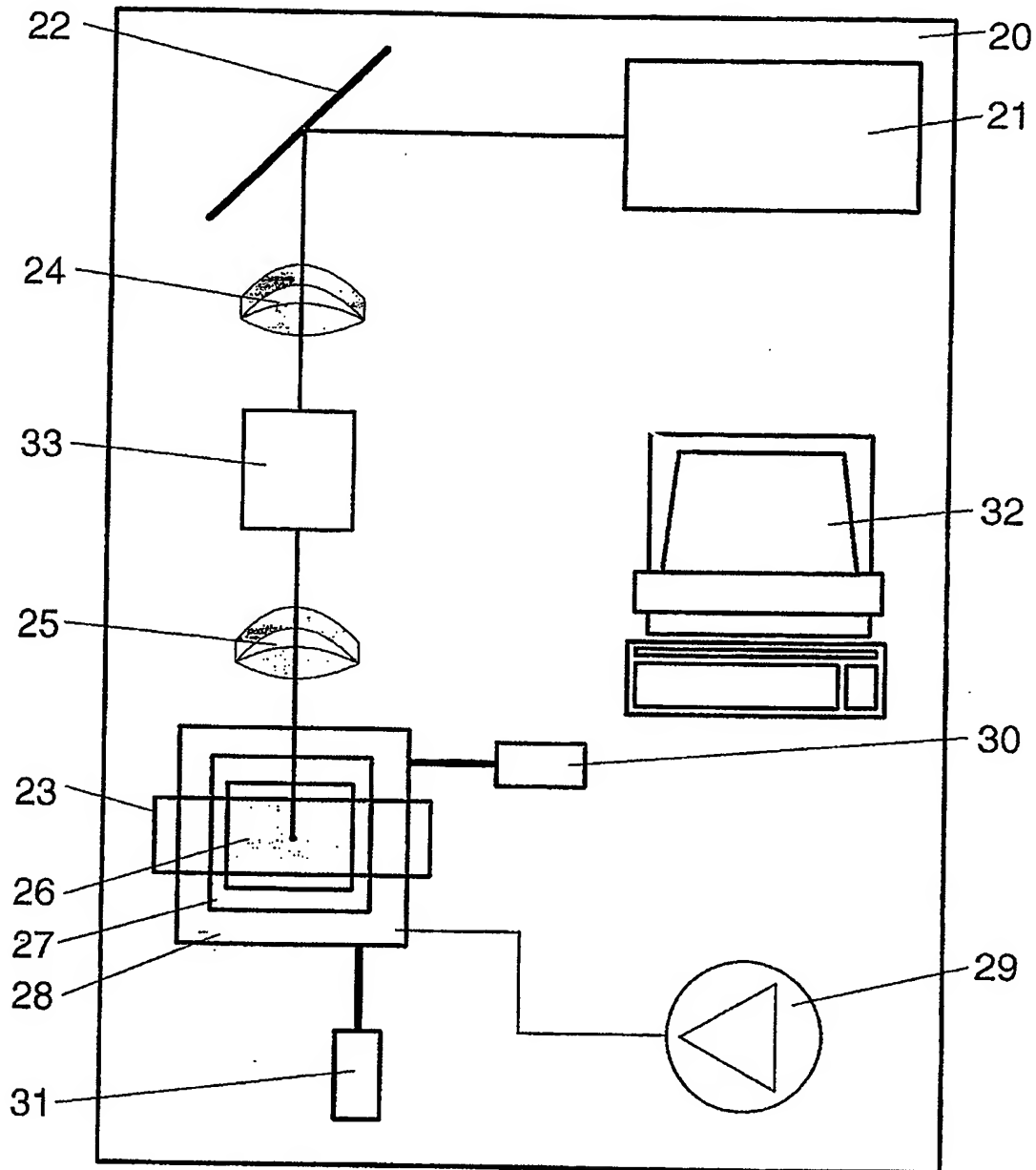


Fig.2